

CS4-15〔I〕 平面ひずみ状態を考慮した3次元地震応答解析による

不整形地盤の地震応答

佐藤工業(株) 中村 晋, ○末富岩雄

1. はじめに 丘陵地の様に地表面形状に不整形性がみられる地盤の地震時挙動については、これまで数値解析や地震観測に基づく最大加速度の増幅等に関する研究が行われているが、V字谷の埋立て造成地では斜面方向の加速度増幅が斜面直交方向より大きいとの報告¹⁾もある。このように不整形性地盤における地震動の増幅を評価する上で卓越振動方向の評価も重要となる。しかし、その評価手法は確立していない。

ここでは、地表面地形に不整形性がみられる地盤における地震動のスペクトル特性および卓越振動方向と基盤に入力する地震動の振動方向との関係を把握するために実施した3次元地震応答解析の結果を報告する。

2. 解析手法 図-1に示す様な不整形地盤における地震応答を入力地震動の振動方向を斜面方向から斜面直交方向まで変化させることにより求めるためには、3次元地震応答解析を行う必要がある。ただし入力地震動の入力方向は鉛直方向である。しかし、斜面直交方向に地盤が無限に存在すると仮定すれば斜面直交方向のひずみ(ε₃₃)が0、つまり平面ひずみ状態となる。すると、3次元元波動場に対するNavierの方程式は式1)に示す斜面方向に体して

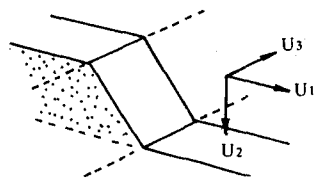


図-1 不整形地盤モデル

面内方向のひずみ場に対する方程式と式2)に示す面外方向のひずみ場に対する方程式の2つにより表せる。つまり、弾性問題に対してはそれぞれを独立に求めた後に重ね合わせればよいことになる。ここで面内および面外方向の解析には有限要素解析コード「SuperFlush, SuperFlush/SH」を用いた。各方向への入力地震動は斜面方向と入力振動方向とのなす角θに応じて入力地震動波形f(t)を面内方向でcosθ、面外方向でsinθ倍した波形となる。

$$\rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = G u_{i,jj} + (\lambda + G) u_{j,i} \quad (i, j = 1, 2) \quad (1) \quad \rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = G u_{i,jj} \quad (i = 3, j = 1, 2) \quad (2)$$

3. 解析条件 解析に用いる地盤は弾性体とし、その有限要素モデルは図-2に示す基盤層と傾斜法面を有する表層の2層地盤とした。ここで法面の傾斜角は30,45,60度の3ケースとした。また、地盤定数は、基盤層のせん断波速度が400m/s、表層が100,200m/sの2ケースとし、いずれの層も単位体積重量は2.0tf/m³、ポアソン比は0.49とした。さらに、地盤の減衰定数は表層で10%、基盤層で2%とした。周面の境界条件は側方がエネルギー伝達境界、下方が粘性境界である。

入力地震波は最大加速度を100galとしたエルセントロ波(NS成分)を斜面方向からの角度θで0,30,45,60,90度の4ケースを鉛直下方より入力した。

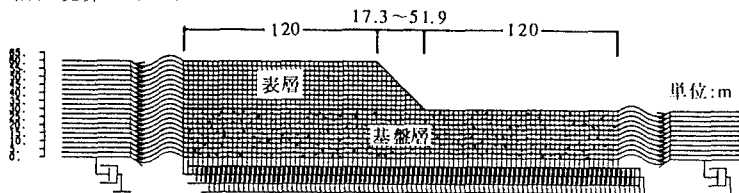


図-2 解析地盤モデル

4. 解析結果 まず、法面の傾斜角の影響を把握するた

め、表層のせん断波速度が100m/sの場合の法肩部における地震動の2次元地震動スペクトルと卓越振動方向を著者らの提案する手法²⁾により算出し図-3, 4に示す。これよりスペクトルについてみると、傾斜角が30度の場合はθが90度の場合に最も大きく、θが0度に近づくにつれ小さくなる。傾斜角が45度の場合、表層の1次固有周期(1.2秒)近傍ではθが0度の場合に最も大きな値となるがそれより短周期側では90度の場合に最も大きな値となる。傾斜角が60度の場合、表層の1次固有周期(1.2秒)から2次固有周期(0.4秒)まではθが0度の場合に最も大きな値となるがそれより短周期側では90度の場合に最も大きな値となる。また、各傾斜角に対する振動卓越方向は、周期によって振動卓越方向が入力地震動の振動方向に対して斜面方向や斜

面直交方向に変化すること,特に表層の2次固有周期0.3~0.5秒近傍では斜面直交方向に最大10度程度傾く傾向がみられる。

次に,表層のせん断波速度の影響を把握するため,表層のせん断波速度が200m/sで傾斜角が45度の2次元地震動スペクトルを図-5に示す。これより,スペクトルは0.3秒より長周期側で入力地震動の振動方向によらずほぼ同程度の値となっていることが分かる。

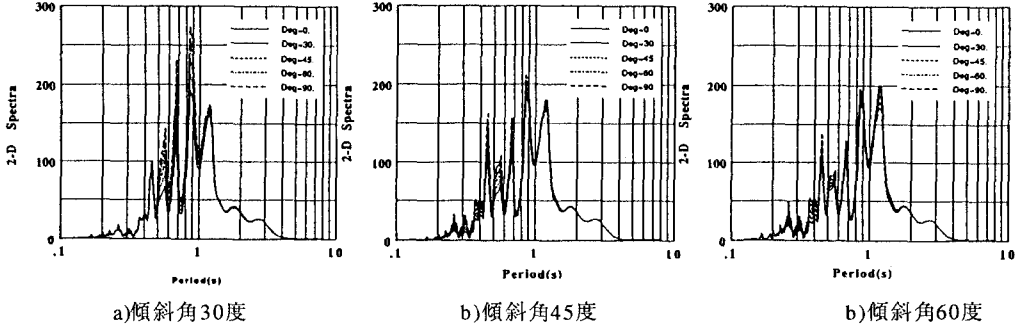


図-3 傾斜角に応じた法肩部の2次元地震動スペクトル

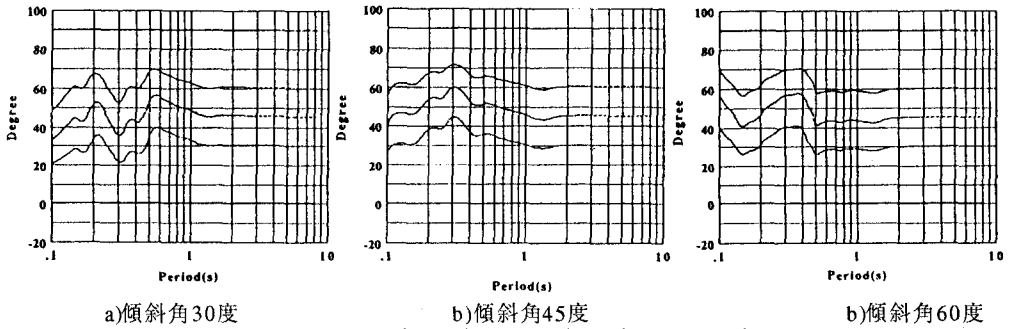


図-4 傾斜角に応じた法肩部の振動卓越方向

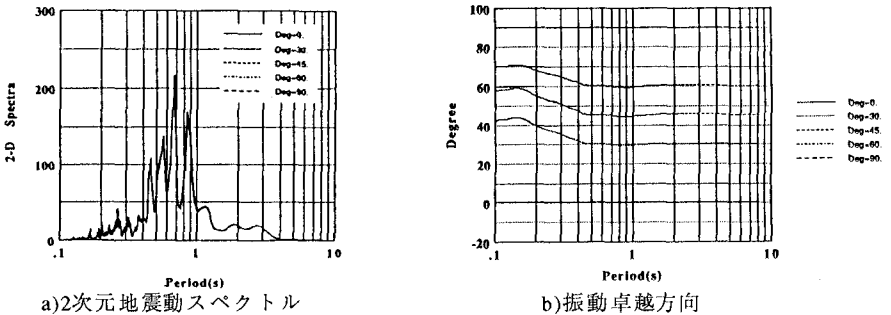


図-5 表層のせん断波速度が200m/sにおける法肩部の2次元地震動スペクトルと振動卓越方向

5. あとがき 本報告では,平面ひずみ状態を考慮した3次元地震応答解析により傾斜法面を有する不整形地盤の法肩部における地震動の特性について検討を行った。その結果,斜面の傾斜角が大きい場合には従来より実施されている斜面方向の断面に対する面内波動場に対する地震応答解析による応答は安全側の値となるが,斜面の傾斜角が小さくなるにつれその値は安全側とならないことが分かった。

参考文献 1)安田悟,丘陵造成地における地震動の局所特性について,土木学会第40回年次学術講演会講演概要集第1部門, pp.639~640,1985, 2)中村晋他,地震動の2次元増幅特性評価の試み,土木学会第47回年次学術講演会講演概要集,1992(投稿中)